

原 著 ケロイド術後電子線照射の至適照射方法の検討

— 1 回照射量 2 Gy と 3 Gy の比較 —

昭和大学医学部形成外科学教室

安倍 徳寿 蓮見 俊彰 保阪 善昭

要約：ケロイドは良性疾患でありながら，その外観上から美容的，心理的のみならず，疼痛や搔痒感，拘縮感といった肉体的苦痛が常に患者を悩ます．ケロイド切除後の放射線照射は，ケロイド再発予防に有効であるが，いまだ至適照射方法の一定した見解がないのが現状である．放射線治療において時間的線量配分の異なる治療法の効果を比較する方法として，時間的線量配分 time dose fractionation factor (TDF) を考慮し，さらに，生物学的実効線量 biologically effective dose (BED) を用い，分割方法が異なる放射線治療の線量の標準化を行った．われわれは，十分なインフォームドコンセントの上，手術後電子線照射を行ってきた．胸部・腹部・肩・上腕・恥骨部等の高張力部に対しては，1994 年から 2005 年までは 4MeV 電子線を 1 回 2 Gy，週 5 回で計 10 回（総線量 20 Gy，BED 24 Gy，TDF 32.2）照射していたが，2005 年からは 4MeV 電子線を 1 回 3 Gy，週 5 回で，計 5 ～ 8 回（総線量 15 Gy ～ 24 Gy：平均 20.05 Gy，BED 19.5 Gy ～ 31.2 Gy：平均 26.2 Gy，TDF 30.1 ～ 48.1：平均 40.20）照射している．耳介・耳垂等の低張力部に対しては 1 回 2 Gy を週 5 回，計 8 回照射（総線量 16 Gy，BED 19.2 Gy，TDF 25.8）から 1 回 3 Gy を 4 回照射（総線量 12 Gy，BED 15.6 Gy，TDF 24.1）に変更している．最低 6 か月以上経過観察し得た 1 回照射量 2 Gy 群 27 部位と，1 回照射量 3 Gy 群 25 部位との再発率を比較検討した．高張力部位に関しては 2 Gy 群と 3 Gy 群間において，再発率に有意差は認められず，治療効果が総線量あるいは生物学的実効線量に依存することが示唆された．低張力部位に関しては，総線量を減量した結果，再発率の増加は認められず，総照射線量としては 12Gy で十分であると考えられたが，TDF の観点から見ると，2 Gy 群（TDF 25.8）と 3 Gy 群（TDF 24.1）の間ではほぼ同等の時間的線量配分が得られたことに起因しているとも考えられた．至適照射方法とは，再発と合併症をできるだけ少なくできる線量のことであり，更なる症例数の蓄積と長期にわたる経過観察の上，ケロイドに対する至適照射方法を検討していきたい．

キーワード：ケロイド，再発率，電子線治療，時間的線量配分，生物学的実効線量

ケロイドは良性疾患でありながら，その外観上から美容的，心理的のみならず，疼痛や搔痒感，拘縮感といった肉体的苦痛が常に患者を悩まし，精神的悪性疾患と表現される¹⁾．治療法として，外科的切除の他に，圧迫療法・薬物療法・ステロイド療法が一般的であり，レーザー照射による方法の報告²⁾もある．しかし，それぞれ単独では再発率が高いため，各療法を組み合わせることにより再発率を抑える集学的治療が行われている．外科的治療のみでは更なるケロイド形成の誘因となるが，ケロイドの完全切除後の放射線照射は，ケロイド再発予防の有効手段である．しかし，術後放射線照射が有効であるにもかかわらず，過去の報告では照射線量，照射方

法が様々で，いまだ一定した見解がないのが現状である．われわれは，十分なインフォームドコンセントの上，治療法として手術を選択した症例に対し，再発予防目的に術後電子線照射を行ってきた．放射線治療において時間的線量配分の異なる治療法の効果を比較するには，少なくとも，線量，分割回数，全治療期間の 3 因子を統合した一元的指標が必要であり，Orton ら³⁾が提唱した時間的線量配分 time dose fractionation factor (TDF) を考慮した． $TDF = \text{分割回数}(N) \times 1 \text{ 回線量}(D)^{1.538} \times \text{照射間隔の平均}(T)^{-0.169} \times 10^{-3}$ で計算され (TDF formula)*，分割回数が 1 ～ 3 回の小分割照射では適応とならない．さらに，生物学的実効線量 bio-

logically effective dose (BED) を用い、分割方法が異なる放射線治療の線量の標準化を行った。BED = 分割回数 (N) × 1 回線量 (D) × [1 + D/(α/β)] で計算される。 α/β は治療対象の組織が存在する臓器に対する放射線の生物作用を定量化するために与えられる定数で、皮膚においては 10 とされる。胸部・腹部・肩・上腕・恥骨部等の高張力部に対しては、1994 年から 2005 年までは 4MeV 電子線を 1 回 2 Gy、週 5 回で計 10 回 (総線量 20 Gy, BED 24 Gy, TDF 32.2) 照射していたが、計 10 回の照射では患者の入院期間、通院期間が長く不満が多かった。そこで TDF を維持しつつ、照射回数を減らす目的で 2005 年からは 4MeV 電子線を 1 回線量を 3 Gy に増加し、週 5 回で、患者の年齢や部位を考慮して計 5 ~ 8 回 (総線量 15 Gy ~ 24 Gy : 平均 20.05 Gy, BED 19.5 Gy ~ 31.2 Gy : 平均 26.2 Gy, TDF 30.1 ~ 48.1 : 平均 40.20) 照射している。耳介・耳垂等の低張力部に対しては 1 回 2 Gy を週 5 回、計 8 回照射 (総線量 16 Gy, BED 19.2 Gy, TDF 25.8) から 1 回 3 Gy を 4 回照射 (総線量 12 Gy, BED 15.6 Gy, TDF 24.1) に変更している。1 回照射量 2 Gy 群と、1 回照射量 3 Gy 群とを比較検討し、若干の知見が得られたので文献的考察を加え報告する。

研究 方 法

ケロイドの分類として、1993 年大浦ら⁴⁾は、周辺健全組織への発赤浸潤や硬結の有無、治療等に対する反応等から、肥厚性瘢痕とケロイドに大きく 2 つに分類した。さらに肥厚性瘢痕を高度と、中等度あるいは軽度に分けて分類した。この大浦らの分類は臨床に即した、わかりやすい分類方法として支持され、わが国では一般的に用いられている。本報告においては、大浦らの分類でいうケロイドを対象とし、肥厚性瘢痕と呼ばれる症例は含めておらず、6 ~ 12 か月を経過しても縮小せず創縁を超えて増殖傾向を認める症例のみを対象とした。1994 年から 2009 年までに社会保険船橋中央病院で術後電子線照射療法を施行し、最低 6 か月以上の経過観察が可能であった症例を対象とした。対象とした症例は、1994 年

Table 1 Treatment response of keloid sites

Sites	2 Gy		3 Gy	
	Rec	No. of sites	Rec	No. of sites
Chest	0	3	0	8
Abdomen	0	3	0	3
Shoulder	0	4	0	2
Upper arm	2	4	1	2
Pubic	0	2	2	4
Auricular	0	2	0	3
Ear lobe	0	4	0	3
Others	0	5	0	0
Total	2	27	3	25
Rec rate (%)	7.41		12.00	

から 2005 年の期間において 1 回 2 Gy で照射した (2 Gy 群) 27 例 27 部位 (男性 7 例 7 部位、女性 20 例 20 部位、年齢は 4 ~ 77 歳 : 平均値 36.6 歳) と、2005 年から 2009 年の期間において 1 回 3 Gy で照射した (3 Gy 群) 23 例 25 部位 (男性 3 例 3 部位、女性 20 例 22 部位、年齢は 14 歳 ~ 76 歳 : 平均値 41.2 歳) であった。全症例日本人であった。ケロイドの部位は、2 Gy 群では胸部 3 例、腹部 3 例、肩甲骨部 4 例、上腕 4 例、恥骨部 2 例のいわゆる高張力部が 16 例、頸部 2 例、膝窩部 1 例、上口唇 1 例、耳後側頭部 1 例、耳介部 2 例、耳垂部 4 例のいわゆる低張力部が 11 例であった。3 Gy 群では胸部 8 例、腹部 3 例、肩甲骨部 2 例、上腕 2 例、恥骨部 4 例の高張力部が 19 例、耳介部 3 例、耳垂部 3 例の低張力部が 6 例であった (Table 1)。

切除方法は単純な紡錘形を基本としたが、ケロイドの形状により多少の波形や T 字型になる場合もあった。ケロイドを単純切除し、創縁の減張目的に周囲を皮下剥離し、十分に止血後、縫合は 3 層縫合とした。皮下縫合、真皮縫合はモノフィラメント性の吸収性縫合糸を用い、創縁を隆起させ創面を密着させた。表皮縫合はナイロン糸を用い、縫合糸痕ができないように強くしめず、軽くあわせた。耳に関しては、止血後最低限の真皮縫合を行うか、表皮縫合のみとした。ケロイド内切除を施行した症例や、植皮術や Z 形成術を施行した症例は今回の報告からは除外した。

全例、ケロイド切除後にリニアックによる 4MeV 電子線を用いて照射した。照射野は手術創から両側

* TDF formula

$$TDF = N \cdot D^{1.538} \cdot T^{-0.169} \cdot 10^{-3}$$
N : 分割回数 D : 1 回線量 T : 照射回数の平均

5～10 mm 幅とし、周囲健常部は鉛板（厚さ 4 mm）で遮蔽した。

2005 年までは、手術当日～7 日以内（平均：術後 2.6 日目）に照射を開始していたが、2005 年以降は全例手術当日から照射を開始している。胸部・腹部・肩・上腕・恥骨部等の高張力部に対しては、1994 年から 2005 年までは 1 回 2 Gy、週 5 回で計 10 回（総線量 20 Gy, BED 24 Gy, TDF 32.2）照射していたが、計 10 回の照射では患者の入院期間、通院期間が長く不満が多かった。TDF を維持しつつ、照射回数を減らす目的で、2005 年からは 4 MeV 電子線を 1 回線量を 3 Gy に増加し、週 5 回で患者の年齢や部位を考慮して計 5～8 回（総線量 15 Gy～24 Gy：平均 20.05 Gy, BED 19.5 Gy～31.2 Gy：平均 26.2 Gy, TDF 30.1～48.1：平均 40.20）照射している。耳介・耳垂等の低張力部に対しては 2005 年までは 1 回 2 Gy、週 5 回で計 8 回（総線量 16 Gy, BED 19.2 Gy, TDF 25.8）照射していたが、2005 年から 1 回 3 Gy を 4 回照射（総線量 12 Gy, BED 15.6 Gy, TDF 24.1）に変更した。術後は全例でテープ、包帯、あるいはシリコンゲルシートによる創部安静を最低 6 か月間指導している。また、全例トラニラストを処方し、内服を継続している。

再発の大半は 6 か月以内にその徴候が現れるとされるため^{5,6)}、治療後の経過観察期間は、2 Gy 群、3 Gy 群共に最低 6 か月以上とし、最長 72 か月（平均値は 2 Gy 群で 19.3 か月、3 Gy 群で 13.8 か月）であった。効果判定は、宮下ら⁷⁾、小川ら⁸⁾、平安名ら⁹⁾と同様に、術後瘢痕の一部にでも肥厚性瘢痕あるいはケロイドを認めたものを再発 Recurrence (Rec) と定義し、そのような状態を一切認めない

ものを再発なし Nonrecurrence (NonRec) とした。Rec/(Rec + NonRec) を再発率と定義した。統計学的有意差の検討には Fisher の直接確率計算法を用い、 $p < 0.01$ を有意水準とした。

結 果

2 Gy 群では 27 部位中、Rec が 2 部位で、NonRec が 25 部位で全体の再発率は 7.41% であった。3 Gy 群では 25 部位中 Rec が 3 部位で、NonRec が 22 例で全体の再発率は 12.00% であった。部位別の再発率は、小川ら⁸⁾や平安名ら⁹⁾の報告同様、胸部・腹部・恥骨部・上腕・肩甲骨部などの皮膚の緊張がかりやすい部位を高張力部として、耳垂や耳介の様に皮膚の緊張がかりにくい部位を低張力部とし大別して評価した。高張力部位に関しては、2 Gy 群では 16 部位中 Rec が 2 部位、NonRec が 14 部位で再発率は 12.50% であり、3 Gy 群では 19 部位中 Rec が 3 例、NonRec が 16 例で再発率は 15.79% であった (Table 2)。低張力部位に関しては、2 Gy 群では 11 部位中 Rec が 0 部位、NonRec が 11 部位で再発率は 0.00% であり、3 Gy 群では 6 部位中 Rec が 0 部位、NonRec が 6 部位で再発率は 0.00% であった (Table 3)。統計学的には、2 Gy 群と 3 Gy 群とでは高張力部位の再発率に有意差はなく ($p = 1.000$)、低張力部位の再発率に関しても有意差は認められなかった ($p = 1.000$)。放射線による副作用として、色素脱失や毛細血管拡張は認められず、極軽度の色素沈着が 3 Gy 群に 1 例 (4%) 認められたが、無治療で経過観察している。

症例 1：26 歳女性。15 歳頃から誘因なく左上腕に隆起性紅色腫瘍が出現した。徐々に増大し、22

Table 2 Recurrence rate of high-tension sites

	Total dose (Gy)	BED (Gy)	TDF	No. of Rec	No. of keloids	Rec rate (%)
2 Gy	20	24	32.2	2	16	12.50
3 Gy	20.05	26.2	40.2	3	19	15.79

Table 3 Recurrence rate of low-tension sites

	Total dose (Gy)	BED (Gy)	TDF	No. of Rec	No. of keloids	Rec rate (%)
2 Gy	16	19.2	25.8	0	11	0.00
3 Gy	12	15.6	24.1	0	6	0.00

歳時当科初診した。周囲健常皮膚に著明な発赤浸潤を認め、ケロイドと診断された。トラニラスト内服、ステロイド注射を行ったが改善しなかった。ケロイド切除後、三層縫合を行い、手術当日から電子線を1回2 Gyを10回計20 Gy照射 (BED 24 Gy, TDF 32.2) 照射した。術後3か月を経過した頃から創部の隆起を認め、ステロイド含有テープ貼付、ステロイド注射を行い経過観察中である (Fig. 1)。

症例2: 55歳女性。20年前、子宮内膜症の手術を施行され、その後創部が隆起してきた。他院で、軟膏や注射、レーザー照射を施行されたが難治性であり当科紹介された。恥骨部に隆起性・有痛性の腫瘤を認めた。周囲健常皮膚には著明な発赤浸潤を認め、ケロイドと診断された。ケロイド切除後、三層縫合を行い、手術当日から電子線を1回3 Gyを8回計24 Gy (BED 31.2, TDF 48.1) 照射した。ま

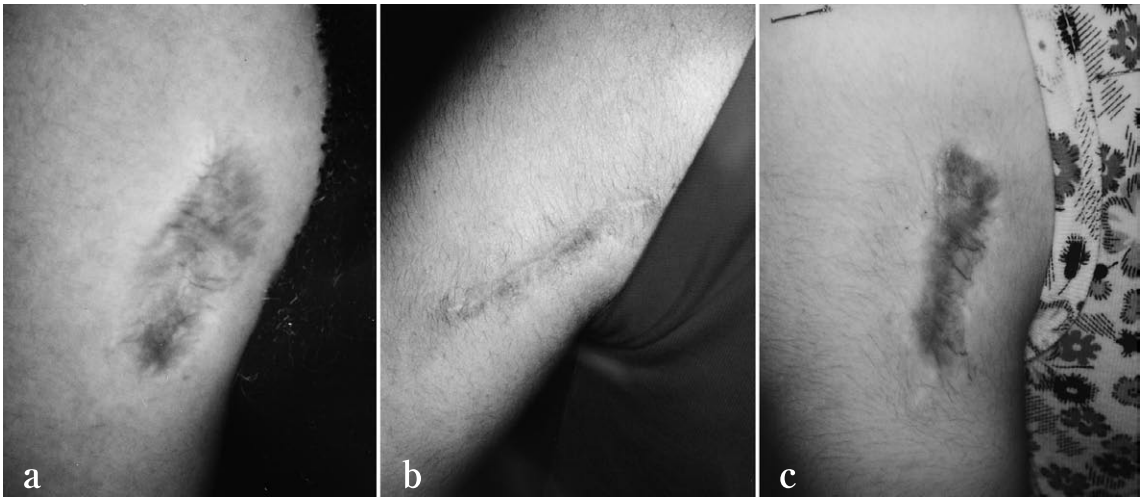


Fig. 1 The keloid was located in the upper arm.

- (a) Preoperative view. After keloidectomy, 2 Gy \times 10 (20 Gy) was irradiated.
- (b) Post operative view after 5 months. Recurrence (+)
- (c) Post operative view after 50 months.

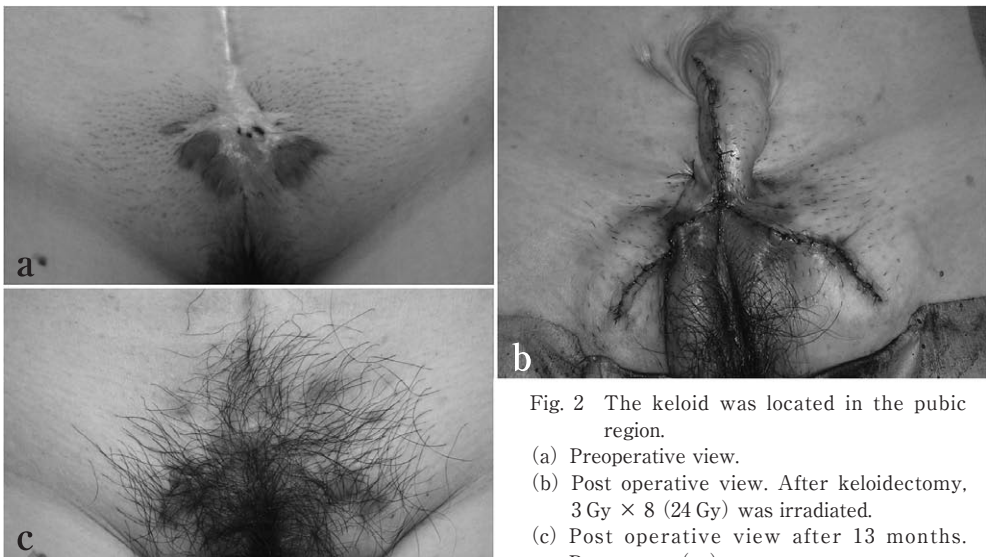
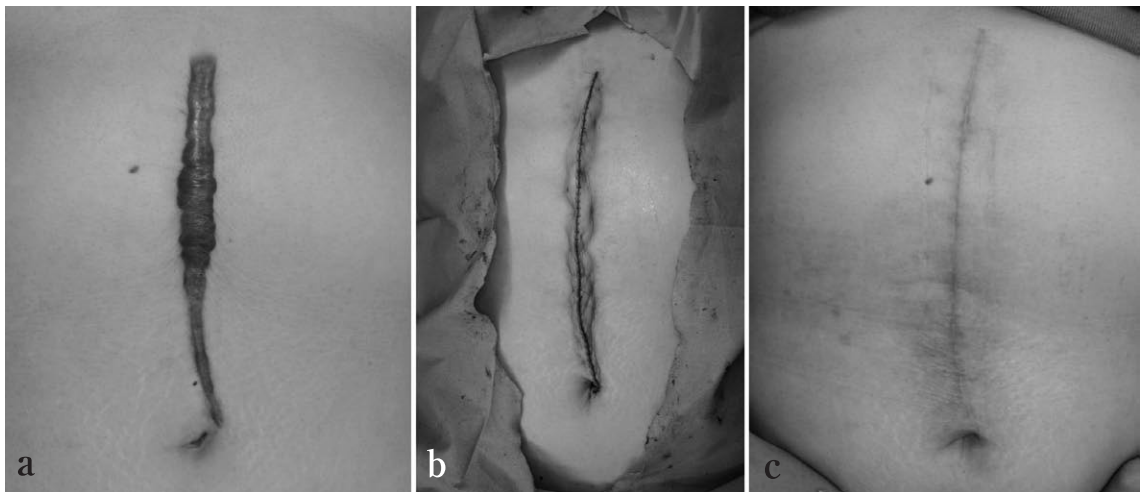
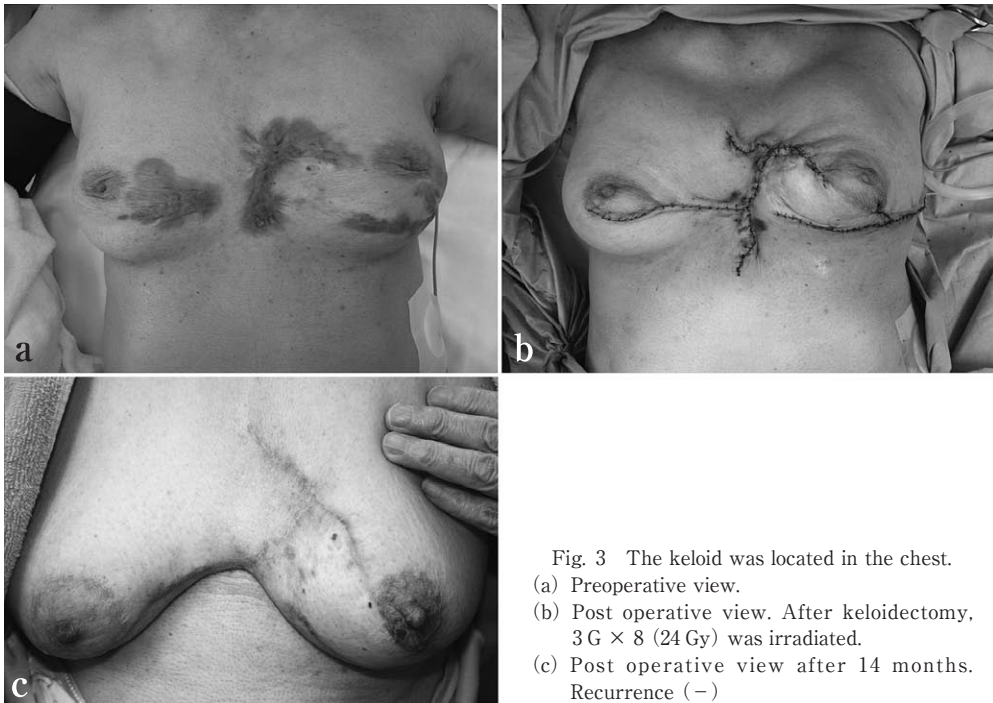


Fig. 2 The keloid was located in the pubic region.

- (a) Preoperative view.
- (b) Post operative view. After keloidectomy, 3 Gy \times 8 (24 Gy) was irradiated.
- (c) Post operative view after 13 months. Recurrence (+)



た術前からトラニラストの投与を継続した。術後5か月を経過した時点から再発を認め、ステロイド注射を行い経過観察中である (Fig. 2)。

症例3：76歳女性。20年程前から誘因なく胸部

に紅色腫瘍出現し、徐々に増大してきた。ケロイドと診断され、トラニラスト内服、ステロイド軟膏塗布、シリコンゲルシート貼付を行ったが改善しなかった。ケロイド切除後、三層縫合を行い、手術当

日から電子線を1回3 Gyを8回計24 Gy (BED 31.2, TDF 48.1) 照射した。術後はテーピングによる圧迫、トラニラスト内服を継続している。14か月経過する現在、再発は認められていない (Fig. 3)。

症例4: 56歳女性。胃癌手術数か月後、徐々に創部が隆起してきた。ステロイド軟膏塗布されていたが1年半経過するも改善せず、当科受診した。ケロイド切除後、三層縫合を行い、手術当日から電子線を1回3 Gyを7回計21 Gy (BED 27.3, TDF 42.1) 照射し、術後はシリコンゲルシートによる圧迫療法、トラニラスト内服を継続している。9か月経過する現在、再発は認めていない (Fig. 4)。

考 察

ケロイド切除後放射線照射療法は現在ケロイド再発予防の標準的治療法の一つとなっている¹⁰⁾。しかし放射線照射が有用であるにもかかわらず、その細部（発生部位別至適線量、分割方法、照射開始時期等）については未だ確立されていない。現在では概ね総照射線量10～30 Gyを2～15回に分割して照射する方法が報告^{1, 8, 9, 11-17)}されているが、どの方法が良いのかはそれぞれ評価方法の違い等があり単純な比較はできない。ケロイドは精神的悪性疾患と表現されるが、原則として良性疾患であるため、高線量の照射による発癌や、色素沈着は避けなければならない。発癌の危険性に関しては、現在までケロイドの放射線治療に起因する明確な悪性腫瘍の発生報告は無く、概ね総線量が30 Gy以下であれば問題ないとする報告¹⁸⁾がある。また、皮膚の美容上、著しい障害を与えないためには20 Gy以下に抑える必要があるとの報告¹⁹⁾がある。そのため、いかに低線量でケロイドの再発頻度を低くするかというジレンマに悩まされる。照射線量について大浦ら¹⁸⁾は高度肥厚性瘢痕ならば15～20 Gyで十分であるが、ケロイドには20～30 Gyの術後照射が必要と報告した。近年の諸家の報告^{1, 8, 9, 20, 21)}では高度肥厚性瘢痕かケロイドかということに加え、ケロイドの発生部位による違い（高張力部位か低張力部位か）が大きく結果を左右しており、部位別に照射線量を決める必要がある。

小川ら²¹⁾は部位別に照射線量を変えるプロトコルとして前胸部・肩・肩甲部・恥骨上部のいわゆる高張力部位は5 Gyを4回計20 Gy (BED 30 Gy, TDF

52.8), 耳垂は5 Gyを2回計10 Gy (BED 15 Gy), その他の部位は5 Gyを3回計15 Gyの術後電子線照射を行っており、再発率は前胸部: 13.6%, 肩・肩甲部: 11.4%, 恥骨上部: 14.3%, (高張力部位131部位中再発17例, 再発率: 12.98%), 耳垂: 6.9%と報告している。また、色素沈着の合併症発生率は10.1%と報告している。

坂本ら²²⁾は4 Gyを隔日に5回計20 Gy照射 (BED 28 Gy, TDF 45.4) し、287部位を検討し、cosmetic outcomeはExcellent 20% (58/287), Good 59% (170/287)と報告している。部位別の評価は行っており、評価方法も異なるため、単純な比較はできないが、ExcellentとGood以外を再発有りとするとすれば、再発率は20.56%であろう。また、中等度以上の色素沈着と毛細血管拡張等の有害事象発生率は14%と報告している。

高橋ら²³⁾は、放射線による晩期障害を少しでも阻止するために、1回の線量を抑えることを推奨している。われわれも従来、高張力部に対しては、2 Gyを10回計20 Gy (BED 24 Gy, TDF 32.2) 照射しており、色素沈着や色素脱失、毛細血管拡張の合併症は認めず、再発率も12.50%と諸家の報告とはほぼ同等であったが、計10回の照射では患者の入院期間、通院期間が長く不満が多かったため、TDFを維持しつつ、照射回数を減らす目的で、3 Gyを計5～8回（総線量15 Gy～24 Gy: 平均20.05 Gy, BED 19.5 Gy～31.2 Gy: 平均26.2 Gy, TDF 30.1～48.1: 平均40.20）に変更した。結果として、色素沈着を1例に認めたが、再発率は15.79%と2 Gy群と比較して統計学的有意差は認められなかった ($p = 1.000$)。高張力部位に関し、われわれの2 Gy群、3 Gy群と小川らの報告の5 Gy群（総線量20 Gy, BED 30 Gy, TDF 52.8）とのいずれの間にも再発率の統計学的有意差は認められず、治療効果が総線量に依存するという報告^{24, 25)}や、生物学的効果線量 (BED) に依存するという報告^{26, 27)}を支持する結果であると思われた。色素沈着や色素脱失、毛細血管拡張等の合併症に関しては、1回の線量を抑えたわれわれの方法は、4%と少なかった。ただし、統計学的には小川らの報告と比較して有意差は認められなかった ($p = 0.7157$)。

耳垂・耳介等の低張力部に対しては、平安名ら⁹⁾は4 Gyを3回計12 Gy (BED 16.8 Gy) 照射し、再

発率は9.1%と報告し、12 Gyを至適線量であると述べている。われわれは、2 Gyを8回計16 Gy (BED 19.2 Gy, TDF 25.8) 照射から3 Gyを4回計12 Gy (BED 15.6 Gy, TDF 24.1) に変更したが、結果として、変更後も再発例は認められず、合併症も認められなかった。耳垂部は術後のテーピングの圧迫のみで再発防止は十分であるという報告²⁸⁾がある一方で、9 Gy未満での照射線量では再発の増加がみられたとの報告²⁵⁾があることを考慮すると、照射線量は10 Gy以上必要であると考え、小川らは耳垂部に関し、5 Gyを2回計10 Gy照射した101例を抽出し再発率は7例、再発率6.9%と報告しているが、耳介部に関しては5 Gyを3回計15 Gy照射14例中3例(21.4%)に再発を認めており、耳介部に対しては増量を検討している。われわれの施設においても、症例数を蓄積した上で、耳垂部と耳介部にわたる更なる検討が必要であろう。また、照射線量を16 Gy (BED 19.2 Gy) から12 Gy (BED 15.6 Gy) へ減量したことによる再発率の増加は認められなかったが、TDFの観点から見ると、2 Gy群 (TDF 25.8) と3 Gy群 (TDF 24.1) の間で大きな差がなく、ほぼ同等の時間的線量配分が得られたことに起因しているとも考えられた。

術後照射開始時期については、以前は術後10～14日以内までに照射開始すればさほど変わらないという報告^{15,16)}もあったが、最近ではできるだけ早期がよいと諸家の意見^{1,8-14,20,21)}が一致しており、百束ら¹⁾は術後48～72時間以内が線維芽細胞の増殖が開始され放射線感受性が高い時期であるとするKetchumら¹⁴⁾の報告に基づき、この時期に照射を開始するとしている。われわれの施設でも最近は原則として手術当日に開始するようにしている。

ケロイドの術後電子線照射は有効な治療法であるが、原則として良性疾患であるため、電子線照射による合併症を考慮すると、安易な線量の増加は慎むべきである。至適照射方法とは、再発と合併症をできるだけ少なくできる線量のことであり、更なる症例数の蓄積と長期にわたる経過観察の上、ケロイドに対する至適照射方法を検討していきたい。

まとめ

ケロイドの発生部位に応じ、1回照射線量を変え、再発率を検討した。高張力部位に関しては1回2 Gy

群 (総線量20 Gy, BED 24 Gy, TDF 32.2) : 再発率12.50%と3 Gy群 (総線量15 Gy～24 Gy : 平均20.05 Gy, BED 19.5 Gy～31.2 Gy : 平均26.2 Gy, TDF 30.1～48.1 : 平均40.20) : 再発率15.79%とで再発率に有意差を認めず、治療効果が総線量あるいは生物学的実効線量に依存することが示唆されたが、再発率の更なる改善にむけて、症例数を蓄積した上で更なる検討を行いたい。低張力部位に関しては、1回2 Gyを8回計16 Gy (BED 19.2 Gy, TDF 25.8) から1回3 Gyを4回計12 Gy (BED 15.6 Gy, TDF 24.1) に減量した結果、再発率の増加は認められず、総線量としては12 Gyで十分であると考えられたが、TDFの観点から見ると、2 Gy群 (TDF 25.8) と3 Gy群 (TDF 24.1) の間で大きな差がなく、ほぼ同等の時間的線量配分が得られたことに起因しているとも考えられた。

謝辞 稿を終えるにあたり、ご指導を賜りました社会保険船橋中央病院放射線科の根本和久先生に深謝致します。

文 献

- 1) 百束比古, 小川 令: ケロイド・肥厚性瘢痕に対する電子線照射療法: その基礎と臨床. 形成外科 47: 507-513, 2004.
- 2) 米田 敬, 吉村陽子: ケロイド・肥厚性瘢痕に対する色素レーザーの適当と限界. 形成外科 47: 501-506, 2004.
- 3) Orton CG and Ellis F: A simplification in the use of the NSD concept in practical radiotherapy. *Br J Radiol* 46: 529-537, 1973.
- 4) 大浦武彦, 杉原平樹, 吉田哲憲: ケロイドと肥厚性瘢痕の定義ならびに分類. 形成外科 36: 265-274, 1993.
- 5) 三橋 清, 宮下次廣: いわゆるケロイド切除後の電子線照射療法の効果に関する臨床医学的研究. 日医大誌 62: 186-195, 1995.
- 6) Kovalic JJ and Perez CA: Radiation therapy following keloidectomy: a 20-year experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 17: 77-80, 1989.
- 7) 宮下次廣, 栗林茂彦: ケロイド治療における放射線照射の問題点. 瘢痕ケロイド治療ジャーナル 1: 20-21, 2007.
- 8) 小川 令, 三橋 清, 百束比古, ほか: われわれのケロイドに対する術後電子線照射療法の治療成績—18ヶ月以上の経過観察症例について—. 日形会誌 22: 357-361, 2002.
- 9) 平安名常一, 飯田直成, 遠藤 亘, ほか: 発生部位に応じたケロイド術後照射の至適線量の検討. 臨放 53: 1746-1750, 2008.

- 10) 早稲田豊美：ケロイド・肥厚性瘢痕の基礎と臨床，第3版，中外医学社，東京，2000.
- 11) Levy DS, Salter MM and Roth RE: Postoperative irradiation in the prevention of keloids. *AJR Am J Roentgenol* **127** : 509-510, 1976.
- 12) Craig RD and Pearson D: Early postoperative irradiation in the treatment of the keloid scars. *Br J Plast Surg* **18** : 369-376, 1965.
- 13) Deigert FA and Allen KD: Keloids: reassessment of irradiation therapy. *Rocky Mt Med J* **70**(2) : 35-37, 1973.
- 14) Ketchum LD: Hypertrophic scars and keloids. *Clin Plast Surg* **4** : 301-310, 1977.
- 15) Enhamre A and Hammar H: Treatment of keloids with excision and postoperative X-ray irradiation. *Dermatologica* **167** : 90-93, 1983.
- 16) Borok TL, Bray M, Snclair J, *et al*: Role of ionizing irradiation for 393 keloids. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **15** : 865-870, 1988.
- 17) 朝倉英男，南條文昭，間島寧興，ほか：ケロイド切除後の放射線治療．手術 **38** : 277-284, 1984.
- 18) 大浦武彦，杉原平樹，吉田哲憲，ほか：放射線療法，ケロイドと肥厚性瘢痕の治療（大浦武彦編著），pp. 170-182. 克誠堂出版，東京，1994.（形成外科手術手技シリーズ）
- 19) 朝倉英男：ケロイドの放射線療法．手術 **44** : 39-45, 1990.
- 20) 岩崎泰政，波多野祐二，檜原理子，ほか：ピアス穴に生じた耳垂ケロイドに対する手術・放射線併用療法の検討．臨皮 **55** : 365-367, 2001.
- 21) 小川 令，赤石論史，小野真平，ほか：ケロイドに対する手術および術後電子線治療—18ヶ月以上経過観察された552部位の検討—．日形会誌 **28** : 763-770, 2008.
- 22) 坂本隆史，大屋夏生，永田 靖，ほか：ケロイドに対する術後放射線治療—総線量20 Gyを用いたprospective study—．日本医放会誌 **64** : S263-S264, 2004.
- 23) 高橋正嗣，植林 勇，辰巳智章，ほか：いわゆるケロイドの電子線照射療法の治療成績．日放線腫瘍会誌 **11** : 21-26, 1999.
- 24) Doornbos JF, Stoffel TJ, Hass AC, *et al*: The role of kilovoltage irradiation in the treatment of keloids. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **18** : 833-839, 1990.
- 25) Lo TC, Seckel BR, Salzaman FA, *et al*: Single-dose electron beam irradiation in treatment and prevention of keloids and hypertrophic scars. *Radiother Oncol* **19** : 267-272, 1990.
- 26) Kal HB and Veen RE: Biologically effective doses of postoperative radiotherapy in the prevention of keloids. Dose-effect relationship. *Strahlenther Onkol* **181** : 717-723, 2005.
- 27) Kal HB, Veen RE and Jurgentliemk-Schulz IM: Dose-effect relationships for recurrence of keloid and pterygium after surgery and radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **74** : 245-251, 2009.
- 28) 神保好夫，加藤武男，今井 進，ほか：耳部ケロイド治療例の検討—外科的切除と長時間持続固定の併用療法—．日形会誌 **16** : 99-106, 1996.

RADIOTHERAPY REGIMEN FOR POSTOPERATIVE ELECTRON BEAM IRRADIATION THERAPY FOR KELOIDS

— Comparison of the effectiveness of 2 Gy and 3 Gy of radiation —

Norihisa ABE, Toshiaki HASUMI and Yoshiaki HOSAKA

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Showa University School of Medicine

Abstract — Patients with keloids experience sharp pains and itchiness. Radiotherapy after keloid excision is effective for preventing keloid recurrence ; however, there is no consensus on the ideal dosage. We used time-dose fractionation (TDF) and biologically effective dose (BED) to compare different time doses and standardize the radioactivity dosage. Informed consent was obtained from all patients. From 1994 to 2005, we irradiated high tension sites with 2 Gy, using a 4-MeV electron beam for 5 weeks, a total of 10 times (total dose, 20 Gy; BED, 24 Gy; TDF, 32.2). From 1995, we irradiated these sites with 3 Gy, using a 4-MeV electron beam for 5 weeks, a total of 10 times (total dose, 15-24 Gy and average dose, 20.05 Gy; total BED, 19.5-31.2 Gy and average BED, 26.2 Gy; total TDF, 30.01-48.1 and average TDF, 40.20). For low tension sites, we changed the dosage from 2 Gy for 5 weeks with gross radioactivity, 16 Gy; BED, 19.2 Gy; and TDF, 25.8 for a total of 8 times to 3 Gy for 4 weeks with gross radioactivity, 12 Gy; BED, 15.6 Gy; and TDF, 24.1. We compared the recurrence rates between 27 sites receiving 2 Gy and 25 sites receiving 3 Gy of irradiation. The rates did not differ significantly at both the high and low tension sites. Therefore, 12 Gy of radiation is sufficient to prevent recurrence. However, TDF differed between the 2-Gy and 3-Gy groups. The irradiation dosage is important to prevent recurrence/complications. Longer follow-up of the outcome and late toxicity is required.

Key words: keloid, recurrence rate, radiotherapy, time-dose fractionation, biologically effective dose

[受付：1月13日，受理：1月26日，2010]